# Sternumfrakturen der chirurgischen Universitätsklinik Basel 1952 – 1964

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

**Markus Riek**
von Emmen LU

1966

# Sternumfrakturen der chirurgischen Universitätsklinik Basel 1952 – 1964

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

**Markus Riek**
von Emmen LU

Druck: Gebrüder Meyer, Langnau BE, 1966

Aus dem Institut für Unfallmedizin (Vorsteher: Prof. Dr. H. Nigst) und der Abteilung für Chirurgie des Bewegungsapparates (Leiter: Prof. Dr. H. Nigst) der Chirurgischen Universitätsklinik Basel (Vorsteher: Prof. Dr. R. Nissen)

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. med. H. Nigst
Tag der Promotion: am 10. Juni 1966

# Inhaltsverzeichnis


I. Vorkommen . . . . . 5

II. Entstehungsmechanismus . . . . . 7
1. Direkte Sternumfrakturen . . . . . 7
2. Indirekte Sternumfrakturen . . . . . 9
a. Flexions-Kompressionsfrakturen . . . . . 10
b. Hyperextensionsfrakturen . . . . . 14
c. Frakturen durch heftige Muskelkontraktion . . . 14
d. Spontanfrakturen . . . . . 14

III. Komplikationen . . . . . 15

IV. Diagnose . . . . . 18
1. Symptomatologie . . . . . 18
2. Röntgendiagnostik . . . . . 20

V. Behandlungsmöglichkeiten . . . . . 20
1. Konservative Behandlung . . . . . 20
2. Operative Behandlung . . . . . 22

VI. Behandlungsresultate . . . . . 25

VII. Spätfolgen . . . . . 26

VIII. Prophylaxe . . . . . 27

IX. Kasuistik . . . . . 27

X. Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . . 35

Literaturverzeichnis . . . . . 38

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

# Sternumfrakturen der chirurgischen Universitätsklinik Basel 1952 — 1964

## I. Vorkommen

Sternumfrakturen werden auch heute nicht häufig angetroffen, obschon ein bedeutender Anstieg infolge der Zunahme der Verkehrsunfälle zu verzeichnen ist (*Kaulbach und Krebs; Richter*). Die Gewalt zur Erzeugung einer Sternumfraktur muss beträchtlich sein wegen der grossen Elastizität der Brustwand. Die Häufigkeit der Brustbeinfraktur ergibt sich aus folgender Tabelle:

| Autor | Jahr | Gesamtzahl aller Frakturen | Sternumfrakturen | Sternumfrakturen in % aller Frakt. |
|---|---|---|---|---|
| Holdermann | 1928 | 46 273 | 62 | 0,13 |
| Lasi | 1959 | 26 804 | 91 | 0,34 |
| Gibson, Carter und Hinshaw | 1962 | 18 000 | 80 | 0,44 |

Entsprechend obiger Angaben stellten *Barbieri und De Nicolai* 1959 eine Zunahme der Sternumfrakturen von 0,1 % auf 0,4 % aller Frakturen fest. Einige italienische Autoren (*Rigamonti; Pozzi und Vegeto; Barbieri und De Nicolai)* glauben, dass der Anstieg nicht allein den vermehrten Verkehrsunfällen zuzuschreiben sei, sondern auch der verbesserten Röntgendiagnostik.

Die Brustbeinfrakturen treten vor allem im Erwachsenenalter auf (bei *Gibson, Carter und Hinshaw* zwischen 17 und 91 Jahren), am häufigsten zwischen 30 und 40 Jahren (*Pozzi und Vegeto*). Sternumfrakturen unter 17 Jahren sind eine Seltenheit, da der jugendliche Brustkorb viel elastischer ist als derjenige des Erwachsenen. Oft kommt es daher bei

Kindern vor, dass bei einem Thoraxtrauma innere Organe ohne Verletzung der Brustwand laediert werden (*Köteles, Wein und Szirmay*). Männer werden häufiger von Sternumfrakturen betroffen als Fauen, bei *Kaulbach und Krebs* zweimal häufiger, bei *Gibson, Carter und Hinshaw* viermal, bei den eigenen Fällen ebenfalls viermal so häufig (16 Männer und 4 Frauen). Eine besondere berufliche Disposition lässt sich nicht ermitteln (*Kaulbach und Krebs*). Arbeiter, vornehmlich mit maschineller Tätigkeit (Maurer, Mechaniker etc.), sollen jedoch der Gefahr dieser Verletzung häufiger ausgesetzt sein (*Cavazza und Bartolini*).

Bei *Gibson, Carter und Hinshaw* in Los Angeles und ähnlich bei *Richter* in Deutschland waren über 80 % durch Autounfälle, vor allem Steuerradverletzungen verursacht, die übrigen Fälle durch einen Sturz aus grosser Höhe oder durch einen direkten Schlag auf die vordere Brustwand. Von den an der chirurgischen Universitätsklinik Basel von 1952 bis und mit 1964 beobachteten 20 Sternumfrakturen entstanden 10 (= 50 %) durch Strassenverkehrsunfälle, 7 (= 35 %) durch einen Sturz aus grosser Höhe, 2 durch eine Einklemmung des Thorax und 1 durch einen Faustschlag.

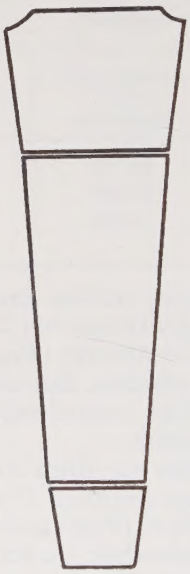


Fig. 1

## II. Entstehungsmechanismus

Grundsätzlich werden zwei Arten von Sternumfrakturen unterschieden:

1. Direkte: Die Gewalt wirkt direkt auf das Sternum ein;
2. Indirekte: Die Gewalt wirkt indirekt auf das Sternum ein.

Die direkten Frakturen sind grösser an der Zahl als die indirekten. *Pozzi und Vegeto* fanden unter den 257 Fällen der Literatur 185 direkte und 72 indirekte, *Cavazza und Bartolini* 65 % direkte und 34 % indirekte. Von den eigenen 20 Fällen zählen 13 (= 65 %) zu den direkten Frakturen und 7 (= 35 %) zu den indirekten.
Bei den Verkehrsunfällen gehören zu den direkten Traumen die Steuerrad- und Armaturenbrettverletzungen, zu den indirekten das Herausschleudern der Insassen und deren Ueberrollen beim Ueberschlagen des Autos (*Fowler*).

### 1. Direkte Sternumfrakturen

a. Ursachen

Die direkten Sternumfrakturen entstehen allgemein durch einen Stoss gegen die Thoraxwand oder durch einen Sturz auf einen harten Gegenstand. Die häufigste Ursache ist heutzutage die Steuerradverletzung. Bei einer grossen Zahl von Autounfällen tritt eine plötzliche Abbremsung des Fahrzeuges auf. Infolge der hierdurch auftretenden Beschleunigungskräfte wird der Fahrer mit noch erheblicher Gewalt gegen das Lenkrad geschleudert. Die Kraft ist umso stärker, je höher die vorher erreichte Geschwindigkeit und je kürzer die Bremsstrecke war. Der Autoinsasse kann zudem von hinten nachrutschenden Lasten eingequetscht werden, wie auch dann, wenn der Sitz sich löst (*Richter*). Eine zweite wichtige Ursache bildet die Sternumfraktur, welche den Mitfahrer neben dem Chauffeur trifft, wenn er beim brüsken Stoppen des Autos gegen das Armaturenbrett und die Windschutzscheibe geworfen wird (siehe Kasuistik). Diese Fraktur wird häufig von Kopfverletzungen (Commotio cerebri, Rissquetschwunden) begleitet. Weitere Urachen sind: Hufschlag, Deichselstoss, Stockschlag, Fusstritt, Faustschlag, Einklemmung zwischen zwei Wagen, Ueberfahrenwerden, Aufschlagen auf eine Treppenstufe.

b. Arten

Nach *Fowler* werden zwei Arten von direkten Traumen auseinandergehalten:

1. Schlag gegen den unteren Teil des Sternums: Diese häufigere Verletzung befindet sich nicht am Ort der Gewalteinwirkung. Es kommt entweder zu einer Ruptur der Synchondrosis sternalis (Fig. 2) oder zu einer Fraktur in der Umgebung der Synchondrose (Fig. 3 und 4), wobei das ganze Corpus sterni oder ein Teil desselben nach dorsal abgeknickt wird. In seltenen Fällen tritt eine Dislokation ein, wobei sich das untere Fragment über das obere schiebt.

Fig. 2

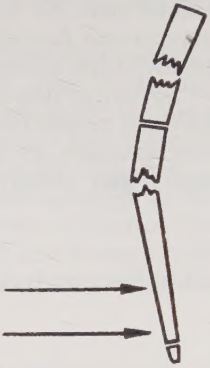

Fig. 3

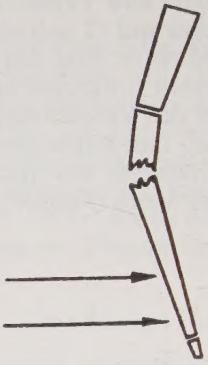

Fig. 4

2. Lokalisierte Einwirkung im mittleren und oberen Teil des Sternums: Bei dieser selteneren Form befindet sich die Fraktur am Ort der Gewalteinwirkung. Das ganze Corpus sterni oder ein Teil desselben wird nach dorsal verlagert (Fig. 5 und 6).

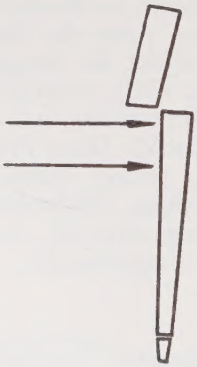

Fig. 5

Fig. 6 (seltener)

Bedeutend für die direkten Frakturen ist die Tatsache, dass das obere Fragment (Manubrium und eventuell ein Teil des Corpus sterni) meistens an Ort und Stelle bleibt, während das untere Fragment (Corpus sterni) verlagert wird.
In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelt es sich also um einfache, komplette und quere Frakturen. Selten bricht nur die Tabula interna, so dass eine inkomplette Fraktur entsteht. Nach *Rigamonti* sollen zwar unvollständige Frakturen heute häufiger vorkommen, da sie durch die vollkommenere Röntgentechnik leichter diagnostiziert werden können. Nach *Pozzi und Vegeto* sollen das untere Drittel des Corpus sterni und der Processus xiphoideus seltener laediert werden infolge der grösseren Beweglichkeit und Elastizität. Von unseren 13 direkten Fällen zeigen jedoch zwei Frakturen im unteren Drittel des Corpus und drei weitere Frakturen unterhalb der Mitte des Corpus. *Bird* berichtet über eine Fraktur des Processus xiphoideus verursacht durch einen Spreizer während einer Magenoperation.
Führt eine scharf umschriebene Gewalt wie Deichselstoss und Faustschlag zu einer isolierten Sternumfraktur, so kann eine auf breiter Fläche an der vorderen Thoraxwand angreifende Gewalt wie die Einklemmung zwischen zwei Wagen das gesamte Sternum mit den angrenzenden Rippenknorpelabschnitten eindrücken und zu Rippenfrakturen führen. Bei direkten Traumen gelten Rippenfrakturen als charakteristische Begleitverletzungen. *Gibson, Carter und Hinshaw* fanden in 60 % aller Sternumfrakturen Rippenfrakturen, *Kaulbach und Krebs* nur in 10 %. Von den 20 eigenen Fällen wiesen 8 Rippenfrakturen auf, wovon 6 zu den direkten und 2 zu den indirekten Frakturen gehören. Vor allem die 4.—7. Rippe wird betroffen (*Pozzi und Vegeto*).
Nur selten begegnet man Missbildungen des Sternums: Längsspaltung und mehrfache Segmentierung infolge fehlender Verschmelzung der Knochenkerne. Es bestehen Knorpelbrücken zwischen den einzelnen Segmenten (*Lambrecht*). Solche Zonen mangelnder Verschmelzung von Knochenkernen bilden schwache Punkte. Bei Verletzungen verläuft die Frakturlinie durch diese Zonen (*Rigamonti*).

### 2. Indirekte Sternumfrakturen

Unter den indirekten Sternumfrakturen werden folgende Arten unterschieden:

a. Flexions-Kompressionsfrakturen,
b. Hyperextensionsfrakturen,
c. Frakturen durch heftigen Muskelzug,
d. Spontanfrakturen.

a. *Flexions-Kompressionsfrakturen*

Dem gleichen Entstehungsmechanismus wurden verschiedene Ausdrücke gegeben: *Fowler* bezeichnet diese Art als Flexions-Kompressionsfraktur, *Rigamonti* und andere italienische Autoren als Hyperflexionsfraktur und *Tarnowsky* als Contrecoup-Fraktur.
Unter den indirekten Sternumfrakturen treten die Flexions-Kompressionsfrakturen am häufigsten auf.

1. Ursachen:

Eine Hyperflexionsfraktur kann allgemein entstehen durch:
— Fall auf den Kopf, auf die Schulter, auf den Rücken;
— Fall auf das Gesäss, auf die Füsse;
— Fall eines schweren Gegenstandes auf die Hals- und obere Brustwirbelsäule.

Nach *Fowler* soll ein Drittel der Flexions-Kompressionsfrakturen durch einen Verkehrsunfall verursacht sein, bei welchem die Insassen herausgeschleudert werden oder im Auto überrollen. Von den eigenen Fällen ist keiner durch einen Verkehrsunfall bedingt, sondern alle durch einen Sturz aus grosser Höhe: Sturz von der Leiter beim Kirschenpflücken, Sturz von einem Baugerüst, Sturz von der Treppe etc. Ferner kann eine solche Fraktur bei Steinschlag entstehen.

2. Charakteristika:

Nach *Fowler* ist für die Flexions-Kompressionsfrakturen bezeichnend:
a. Lokalisation der Fraktur im Bereich des Manubriosternalgelenks (Synchondrosis sternalis);
b. Das obere Fragment (meistens Manubrium) wird in Bezug auf das untere in die Tiefe gedrückt (vgl. direkte Frakturen).

Am häufigsten tritt die Luxation (Ruptur der Synchondrosis sternalis) oder Luxationsfraktur des Manubriosternalgelenks auf (Fig. 7 und 8). Weitere Formen sind aus Fig. 9 bis 12 ersichtlich. Die Dislokation ist im allgemeinen nicht gross und multiple Frakturen kommen selten vor. Bei den eigenen Fällen lag die Fraktur immer im oberen Teil des Corpus sterni. Eine Luxation konnte nie nachgewiesen werden (vgl. Fig. 10).

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

selten

Fig. 12

Die Flexions-Kompressionsfrakturen sind oft kombiniert mit Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule und Kopfverletzungen. Von den 41 Sternumfrakturen *Kaulbachs und Krebs'* zeigten 9 eine Commotio cerebri und 6 Wirbelfrakturen. Nach *Pozzi und Vegeto* sollen besonders die Wirbel C 2—Th 10 betroffen werden. Von unseren 20 Sternumfrakturen wiesen 6 Wirbelfrakturen auf (3 mit Frakturen der BWS [Th 4—8], 2 mit Frakturen der LWS [L 1, L 3] und eine mit einer Fraktur von C 5 und Th 6) und ebenfalls 6 eine Commotio bzw. Contusio cerebri. Von den 6 Fällen mit Wirbelfrakturen gehören 5 zu den Flexions-Kompressionsfrakturen und nur einer (Ueberfahrenwerden) zu den direkten Frakturen. Von den 6 Fällen mit einer Commotio cerebri sind nur zwei bei den Hyperflexionsfrakturen, die übrigen

4 zählen zu den direkten Verletzungen. Das klinische Bild wird häufig von diesen Begleitverletzungen so sehr beherrscht, dass die Brustbeinfraktur anfänglich übersehen wird. Auch der Unfallmechanismus führt nicht unmittelbar auf den Gedanken einer Sternumfraktur.

3. Entstehungsmechanismus:

Ueber die Art der Dislokation (Luxation) bei Flexions-Kompressionsfrakturen besteht unter den Autoren noch keine Einigkeit. Einige darunter (*De Sapia und Novellino; Tartaro*) sind der Ansicht, dass das untere Fragment nach vorne verlagert wird. Das Sternum, durch die Clavicula, die ersten Rippen und die Muskeln, welche an ihm inserieren, nach oben fixiert, wird in seinem unteren Teil durch die letzten Rippen nach vorne gedrückt. Andere Verfasser beschreiben die Verletzung als eine Dislokation des oberen Fragments (Manubrium) nach dorsal. *Fowler* glaubt, dass das Manubrium in den meisten Fällen von Flexions-Kompressionsfrakturen nach hinten gedrückt wird. Die Art der Verlagerung hängt vom Entstehungsmechanismus der Verletzung ab.

Es bestehen drei mögliche Wege der Gewaltübertragung auf das Sternum:

1. Durch das Kinn,
2. Entlang der Rippen,
3. Entlang der Clavicula.

*1. Durch das Kinn: Otz* behauptet, dass das Kinn keine Sternumfraktur erzeugen kann. Er konnte an Leichen zeigen, dass diese Fraktur auch nach Entfernung der Mandibula hervorgerufen wird. Nach *Fowler* soll das Kinn jedoch in Fällen von Verletzungen der Halswirbelsäule eine Rolle spielen. An Leichen kann demonstriert werden, dass auch wenn die manubriosternalen Ligamente durchtrennt werden, das Kinn das Manubrium nur nach hinten drückt, wenn die Halswirbelsäule frakturiert ist. Wenn das Kinn für die Verlagerung des Manubriums verantwortlich ist, sollte man aber eine Quetschung des Unterkiefers erwarten, was aber in keinem der beobachteten Fälle *Fowlers* gefunden wurde.

*2. Entlang der Rippen:* Wahrscheinlich spielen die Rippen bei der Gewaltübertragung auf das Sternum die wichtigste Rolle. Ueberzeugende Klarheit darüber kann an der Leiche gewonnen werden. Das Sternum wird durch nahe Abtrennung der Rippenknorpel am Knochen entfernt. Während die Wirbelsäule bewegt wird, werden die Bewegungen der Rippenenden beobachtet. Flexion der Hals- und Brustwirbelsäule führt zu einer Bewegung der oberen Rippen nach hinten und un-

ten, besonders der oberen zwei Rippen. Flexion der Lenden- und unteren Brustwirbelsäule hat erst einen Effekt auf die Rippen, wenn die hintere Bauchwand an den Brustkorb stösst. Die unteren Rippen werden dann nach oben und vorne gedrückt. Das Sternum ist also bei der Flexion der gesamten Wirbelsäule zwei entgegengesetzten Kräften ausgesetzt: Das Manubrium wird durch die oberen zwei Rippen nach unten und hinten bewegt und das Corpus sterni durch die unteren Rippen nach oben und vorne. Das Brustbein bricht an seinem schwächsten Punkt. *Fowler* glaubt, dass bei der Mehrheit der Flexions-Kompressionsfrakturen die oberen Rippen bei der Entstehung der Fraktur dominieren, das obere Fragment also vom unteren abgedrückt wird. In 11 von 21 Fällen *Fowler's* wurde die Verletzung durch einen Schlag oder Fall auf den Kopf oder Nacken verursacht und 6 von 9 Fällen von Wirbelfrakturen befanden sich in der mittleren Brustwirbelsäule. Aus beiden Gruppen, welche zwei Drittel der Fälle ausmachen, können wir schliessen, dass der obere Teil der Wirbelsäule flektiert wurde und dass das obere Fragment durch die oberen Rippen verlagert wurde. Bei einer Gruppe von 5 Fällen, verursacht durch einen Fall auf das Gesäss, wurde die untere Wirbelsäule gebeugt, und die Sternumfraktur wurde teilweise oder ganz durch das Emporschleudern der unteren Rippen bedingt.
Es bestehen anatomische Gründe für den Beweis, dass die oberen zwei Rippen aktiven Anteil an der Dislokation des Maubriums nehmen müssen. Das Manubrium ist mit der Wirbelsäule durch kurze und relativ starre Rippen fest verankert, welche eine flektierende Kaft von der Wirbelsäule zum Manubrium übertragen. Das Corpus sterni ist durch längere und biegsamere Rippen mit der Wirbelsäule verbunden, welche nur indirekt eine beugende Kraft von der Wirbelsäule übertragen. Die Ansicht verschiedener Autoren, welche behaupten, das fest mit der Wirbelsäule verbundene Manubrium halte seine Position bei, während das Corpus sterni disloziert wird, würde stimmen, wenn die Flexion-Kompession auf den unteren Teil der Wirbelsäule beschränkt wäre. Wenn aber die obere Wirbelsäule flektiert wird, und das Manubrium mit der Wirbelsäule fest verbunden ist, wird das Manubrium verlagert.

*3. Entlang der Clavicula:* Bei diesem Mechanismus wirkt die Gewalt seitlich ein. Er ist am meisten umstritten, soll aber nach *Pedracca und Pagani* nicht selten sein. Ein Fall auf die Schulter, meistens mit erhobenem Arm bildet die Ursache. Dadurch entsteht eine Kombination von Kompression und Torsion von seiten der Clavicula. Dabei ist schwer abzuschätzen, ob die Kompression oder die Torsion überwiegt. Zu diesem Mechanismus kann sich noch jener der Rippen hinzugesellen. Die daraus resultierenden Frakturen sind meistens schräg oder längs, aber

es treten auch Luxationen oder Luxationsfrakturen auf. *Pedracca und Pagani* berichten über einen Fall, bei dem der Patient mit offenen Armen ins Wasser tauchte und dabei eine Luxation des Manubriosternalgelenks entstand. *De Sapia und Novellino* beschreiben einen Fall mit Aufschlagen der rechten Schulter, was zu einer Manubriumfraktur führte.

*b. Indirekte Sternumfrakturen durch Hyperextension des Rumpfes*

Diese Form der indirekten Fraktur wird bedeutend seltener angetroffen als die Flexions-Kompressionsfraktur. *Pozzi und Vegeto* fanden unter den 72 indirekten Frakturen der Literatur 40 bedingt durch Hyperflexion und 32 durch Hyperextension. Die 7 eigenen indirekten Frakturen waren alle durch den Flexions-Kompressions-Mechanismus verursacht.

*1. Ursache:* Fall rückwärts

*2. Entstehungsmechanismus:* Der Sturz nach hinten führt zu einer übertriebenen Extension der Wirbelsäule. Das Sternum steht dabei unter der Wirkung von zwei entgegengesetzten Kräften. Nach oben wirkt der M. sternocleidomastoideus, nach unten der M. rectus der Bauchmuskulatur. Der M. pectoralis fixiert das Sternum (*Rigamonti*). Bei der Hyperextension kommt es zu einer starken Kontraktion obgenannter Muskeln und das Sternum bricht, meistens im Bereich der Synchondrose. Eine Dislokation tritt selten auf (*Hellner*).

*c. Indirekte Sternumfrakturen durch heftige Muskelkontraktion*

Verschiedene Autoren berichten über einzelne Fälle von Sternumfrakturen infolge heftiger Muskelkontraktion. *Malgaigne* erlebte einen Fall bei der Austreibungsperiode der Geburt. Ein Zirkusartist soll beim Heben eines schweren Gewichts mit den Zähnen eine Brustbeinfraktur hervorgerufen haben. *Robertson* beobachtete eine Manubriumfraktur bei tetanischen Krämpfen. Auch bei heftigem Erbrechen soll es schon zu Sternumfrakturen gekommen sein. *Bass und Small* beschreiben einen Fall durch heftiges Husten bei einer Lungentuberkulose ohne tuberkulöse Knochenveränderungen des Sternums. Als zusätzlichen Faktor vermuten die Verfasser eine Knochendekalzifikation infolge längerer Bettruhe.

*d. Spontanfrakturen*

*Rutledge* berichtet über eine spontane Querfraktur des unteren Sternumdrittels ohne traumatisches Ereignis infolge Alterssosteoporose.

Die heftigen retrosternalen Schmerzen täuschten einen Myokardinfarkt vor. Der Autor rechnet mit einer Zunahme derartiger Krankheitsbilder im Zusammenhang mit dem veränderten Altersaufbau der Bevölkerung. Auch pathologische Frakturen durch maligne Tumoren wie das Retikulosarkom oder durch Knochenmetastasen von Malignomen sind möglich.

## III. Komplikationen

Unter Komplikationen seien nur jene, welche durch die Fraktur des Brustbeins verursacht sind und nicht durch anderweitige Begleitverletzungen des Unfalls wie Schädelfrakturen etc. verstanden.
*Cavazza und Bartolini* fanden bei 22,7 % von Sternumfrakturen Komplikationen. Sie beobachteten sie vor allem bei den direkten Traumen. Unter den 29 direkten zeigten 9 intrathorakale Komplikationen. Bei 11 von den 20 Fällen der Basler chirurgischen Universitätsklinik wurden Komplikationen diagnostiziert, also bei 55 %. 8 Fälle gehören zu den direkten Frakturen (total 13) und nur 3 zu den indirekten (total 7).

### 1. Häufige Komplikationen

a. Traumatische Pneumonie
b. Schock
c. Commotio und Contusio cordis

*a. Traumatische Pneumonie: Gibson, Carter und Hinshaw* fanden in 30 % von Sternumfrakturen eine traumatische Pneumonie. Um die heftigen Schmerzen nicht noch zu verstärken, atmet der Patient nur oberflächlich. Infolge der Schonatmung entsteht eine Sekretstauung. Durch endogene Infektion kommt es zu einer Bronchitis, bei welcher der Prozess eventuell stehen bleibt, wie in drei eigenen Fällen beobachtet wurde, oder er schreitet weiter und es bildet sich eine Bronchopneumonie, meist mit disseminierten Herden. In vier eigenen Fällen (= 20 % aller Sternumfrakturen) wurde eine solche festgestellt. Sie kann wenige Stunden bis maximal 4—5 Tage nach dem Trauma auftreten. Nach *Pedracca und Pagani* folgt immer eine pleurale Reaktion (Reiben, seröser Erguss). Begleitverletzungen wie Rippenfrakturen können zur Entstehung einer traumatischen Pneumonie beitragen. Auffällig ist die Tatsache, dass die Komplikation bei den drei indirekten Frakturen unseres Krankengutes jedesmal in einer Pneumonie bestand.

*b. Schock:* Bei *Cavazza und Bartolini,* ebenfalls bei *Kaulbach und Krebs* wurde in 75 % aller Sternumfrakturen ein Schock beobachtet, bei uns hingegen nur in 25 % (= 5 Fälle). *Rigamonti* spricht von einem «sternalen Schock», der im Moment des Unfalls entstehen kann als Folge einer Reizung des vegetativen Nervensystems. *Meola und Riedinger* zeigen an experimentellen Untersuchungen, dass stumpfe Brustkorbverletzungen eine Reizung des N. vagus und eine Lähmung des Sympathicus hervorrufen, welche zu einer Füllung der Abdominalgefässe führt und dadurch zu einem Blutdruckabfall mit Mangeldurchblutung des Gehirns. Dieser sternale Schock ist im allgemeinen reversibel, nur in seltenen Fällen irreversibel. Er kann wenige Minuten bis einige Stunden dauern.

Begleitverletzungen können bei der Entstehung des Schocks einen wesentlichen Faktor bilden. So kann ein Mediastinalhaematom einen haemorrhagischen Schock erzeugen. Es ist auch möglich, dass der Schock eine Folge der traumatischen Herzschädigung ist (siehe unter c).

*c. Commotio und Contusio cordis:* Experimentelle Versuche von *Külbs* an Hunden zeigen schon bei leichten Brustwanderschütterungen Blutungen im Myokard, im Perikard und in den Geweben aller Herzklappen, in der Lunge und Pleura.
Eine traumatische Herzläsion wird vor allem durch eine direkte Gewalteinwirkung verursacht.

Ein Herztrauma äussert sich klinisch:

1. in einem Schockzustand (Tachykardie, Blutdruckabfall, Angstgefühl, Unruhe, Schmerzen in der Herzgegend) und
2. in pathologischen EKG-Veränderungen.

Der Schock bildet sich meistens innerhalb 24 Stunden zurück. Die EKG-Veränderungen verschwinden erst nach 2—3 Wochen vollständig.

Zwei Arten traumatischer Herzschädigung werden auseinandergehalten:

1. Commotio cordis (leichtes Herztrauma),
2. Contusio cordis (schweres Herztrauma).

*1. Commotio cordis:* Die Symptome treten akut mit dem Trauma auf und klingen allmählich ab.

*2. Contusio cordis:* Die Symptome bilden sich allmählich progredient bis zu einem Maximum aus und bilden sich langsam zurück.

Die Unterscheidung zwischen Commotio und Contusio cordis ist oft nicht sicher möglich. Man spricht dann einfach von einer traumatischen Herzschädigung.
Das EKG zeigt vor allem in den Extremitätenableitungen folgende Veränderungen: ST-Senkung und T-Abflachung bis T-Negativität. Die Anfertigung eines EKG ist sehr wichtig und sollte bei jeder Sternumfraktur vorgenommen werden.
Bei zwei eigenen Fällen — beide direkte Frakturen — konnte eine Commotio cordis diagnostiziert werden und zwar auf Grund der EKG-Veränderungen. Es besteht folgende Regel: Je grösser die einwirkende Gewalt ist und je näher diese am Praekordium auftrifft, mit um so grösserer Wahrscheinlichkeit ist bei einer Brustbeinfraktur mit einem zusätzlichen Herztrauma zu rechnen (*Kaulbach und Krebs*).
*Martino* stellte vorübergehendes Herzflattern infolge Commotio cordis fest und eine akute Herzinsuffizienz infolge Contusio cordis.

### 2. Seltene Komplikationen

*a. Intrathorakale Komplikationen*

1. Lungenkomplikationen:
   - — Lungenverletzung (*Lambrecht*; *Kaulbach und Krebs*; *Rigamonti*)
   - — Fraktur mehrerer Ringe der Luftröhre (*Böhler*)
   - — Ruptur eines grossen Bronchus: führt zu Mediastinalemphysem oder Pneumothorax (*Gibson, Carter und Hinshaw; Rigamonti und Petroboni*)
   - — Pneumothorax (*Lambrecht; Pozzi und Vegeto; Gibson, Carter und Hinshaw*)
   - — Haemothorax (*Lambrecht*; *Pozzi und Vegeto*; *Gibson, Carter und Hinshaw*; eigener Fall)
   - — Hautemphysem über Manubrium (eigener Fall).

2. Herzkomplikationen:
   - — Ruptur des Myokards (*Rigamonti*; *Gibson, Carter und Hinshaw*; *Pozzi und Vegeto*) führt zur Herztamponade.
   - — Ruptur der grossen Gefässe (Aorta, V. cava) führt zu Mediastinalhaematom (*Gibson, Carter und Hinshaw*)
   - — Perikardverletzung führt zu Haemoperikard und Herztamponade (*Gibson, Carter und Hinshaw*). Auf Grund einer Mikrovoltage im EKG konnte bei einem eigenen Fall ein Haemoperikard festgestellt werden.
   - — Traumatische Perikarditis (*Gibson, Carter und Hinshaw*)

3. Mediastinum:

— Ruptur der A. mammaria int. führt zu Mediastinalhaematom (*Pässler*; *Lasi*; *Pozzi und Vegeto*; *Bonnet und Barbier*)

— Mediastinalhaematom: sehr selten Infektion, welche zu Mediastinalphlegmone, Pericarditis purulenta und Lungenabszess führen kann (*Rigamonti*; *Martino*)

— offene Fraktur: Gefahr der Osteomyelitis und Mediastinitis.

*b. Intraabdominelle Komplikationen*

— Leberverletzungen bei Fraktur des Processus xiphoideus (*Gibson, Carter und Hinshaw*)

— Milzruptur

— Traumatische Pancreatitis

— Duodenalriss

— Ruptur des Diaphragma, meist links, bei gleichzeitiger Kompression des unteren Thoraxabschnitts.

## IV. Diagnose

### 1. Symptomatologie

Die Symptomatologie der Sternumfrakturen hängt vom Entstehungsmechanismus und von der Schwere der Verletzung ab. Während bei einem direkten Trauma die lokalen Symptome meistens ausgeprägt sind, können sie bei einem indirekten wegen der mehr ins Auge springenden Begleitverletzungen verdeckt sein. Dabei spielt der häufig vorhandene Schockzustand auch eine Rolle. Aus diesen Gründen wird die Diagnose einer Sternumfraktur anfänglich oft nicht gestellt.

Im allgemeinen finden sich bei einer Brustbeinfraktur folgende Symptome:

*a. Schmerz:* In der Sternumgegend tritt ein heftiger Schmerz auf, welcher nach *Pozzi und Vegeto* oft seitlich in die Interkostalräume ausstrahlen soll. Dieser starke Schmerz, welcher einen Myokardinfarkt vortäuschen kann (*Rutledge:* Spontanfraktur bei Altersosteoporose), wird durch tiefes Atmen verstärkt. Deshalb atmet der Verunfallte nur ganz oberflächlich (Schonatmung) und betont die abdominelle Komponente. Er zeigt einen angstvollen Gesichtsausdruck und nimmt eine charakteristische Schonhaltung ein mit halb gebeugtem Kopf und Rumpf und den Schultern nach vorne, um die cervico-thorakale Muskulatur (vor allem den M. sternocleidomastoideus) zu entspannen. In dieser geduckten Haltung bleibt der Patient unbeweglich, um keine

stärkeren Schmerzen hervorzurufen. Aehnliche Erscheinungen können Rippenfrakturen hervorrufen, an welche man differentialdiagnostisch denken muss.
Nach *Skoblin und Kostrikov* kann eine nicht dislozierte Sternumfraktur ohne Ruheschmerz verlaufen; beim tiefen Atmen und Husten bestehen aber regelmässig Schmerzen in der Frakturgegend.

*b. Schwellung:* Sie hängt ab von der Stärke der Dislokation und von der Grösse des Haematoms. Sie kann überhaupt fehlen. Nach einer Statistik von *Gibson, Carter und Hinshaw* bildet sich eine Schwellung in 52 % der Brustbeinfrakturen. Infolge des Haematoms ist die Haut im Bereich der Schwellung blau verfärbt. Das Haematom tritt nach *Pozzi und Vegeto* spät auf, ist aber nach 2—3 Tagen fast immer vorhanden. Es zeigt in ausgeprägten Fällen eine Schmetterlingsform, welche geradezu pathognomonisch für eine Sternumfraktur sein soll.

*c. Verletzung der Haut der Regio praesternalis:* Dieses Symptom entsteht nur bei direkten Traumen. Es ist abhängig vom Objekt, welches das Sternum trifft, und kann als Quetschung oder Schürfung erscheinen. Diese Hautverletzung befindet sich oft nicht über der Frakturstelle, sondern weiter unten, wo die Gewalt am Sternum angreift (vgl. S. 5).

*d. Druckdolenz:* Die Frakturstelle ist immer stark druckschmerzhaft. Oft ist über dem ganzen Brustbein eine Druckdolenz mit Maximum über der Frakturstelle festzustellen.

*e. Palpable Stufe:* Nur bei einer dislozierten Sternumfraktur lässt sich eine Stufe palpieren und oft nur unmittelbar nach der Verletzung, da sie nach wenigen Stunden durch das auftretende Haematom verdeckt wird.

*f. Krepitation:* Bei sorgfältiger Palpation kann man mitunter eine Krepitation feststellen. Der Nachweis ist wegen des Haematoms erschwert. *Gibson, Carter und Hinshaw* fanden nur in 27 % ihrer Fälle eine Krepitation.

*g. Paradoxe Atmung:* Ein aus den Rippenverbindungen gelöster frei beweglicher Sternumabschnitt wird bei der Inspiration unphysiologisch tief eingezogen und bei der Exspiration gegensätzlich zum übrigen Brustkorb nach aussen vorgewölbt. Damit wird das Mediastinum mit seinen Organen sowohl in seitlicher wie in dorso-ventraler Richtung abnorm beweglich. Es können dadurch Störungen in der Beatmung der Lunge, des Blutzu- und -abflusses des Herzens und der Herztätigkeit selbst entstehen: zunehmende Dyspnoe, Hypoxie, Mediastinalflattern, Stauungen der V. cava sup., Stauungen der Lungengefässe mit nachfolgender Verstärkung der Hypoventilation und Ver-

stärkung der Bronchialsekretion. Die Unfähigkeit, die vermehrten Schleim- und Sekretmassen aktiv ausreichend auszuhusten führt zu Atelektasen und Pneumonien (*Richter*). Bei den eigenen Fällen trat zweimal eine paradoxe Atmung infolge einer schweren Thoraxkompression auf (Ueberfahrenwerden).
Oft gelingt die Diagnose aus der Symptomatologie, vor allem bei direkten Traumen und bei einer dislozierten Fraktur, manchmal sind aber Röntgen-Aufnahmen unumgänglich. Ob nur eine Kontusion besteht oder eine Infraktion der Tabula interna oder eine nicht dislozierte Fraktur kann nur das Röntgenbild bestätigen.

### 2. Röntgendiagnostik

Im allgemeinen wird zur Sicherung der Diagnose eine Röntgenaufnahme gemacht. Es bestehen drei verschiedene Methoden:

*a. Seitliche Aufnahme des Sternums:* am gebräuchlichsten.
Technik: Der Patient steht, die Arme auf dem Rücken gekreuzt, damit die Schultern möglichst nach hinten gelangen, in tiefer Inspiration bei angehaltenem Atem.
Rippenverkalkungen oder der Mammaschatten können die Beurteilung erschweren.

*b. Schräge Aufnahme des Sternums:* Die Interpretation dieser Aufnahme ist am schwierigsten wegen der starken Ueberlagerung der Thoraxorgane.

*c. Tomogramme:* Wenn obige Aufnahmen kein zufriedenstellendes Resultat ergeben, können Tomogramme des Sternums eine vermutete Fraktur mit grösserer Sicherheit bestätigen oder ausschliessen.
Für die Güte der Röntgen-Aufnahmen ist sehr wichtig, dass der Atem angehalten wird. *Lasi* empfiehlt, die Aufnahmen in tiefer Inspiration anzufertigen, damit zwischen Sternum und Perikard ein breiter freier Raum entsteht.

## V. Behandlungsmöglichkeiten

Zur Behandlung einer Sternumfraktur stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten offen:

1. Die konservative Behandlung
2. Die operative Behandlung.

### 1. Die konservative Behandlung

In der Mehrzahl der Fälle genügt eine konservative Behandlung. Dabei müssen zwei Arten von Sternumfrakturen unterschieden werden:

a. Frakturen ohne oder mit geringer Dislokation
b. Frakturen mit starker Dislokation.

*a. Sternumfrakturen ohne oder mit geringer Dislokation:* Bei geringer Dislokation ist keine Reposition indiziert, da die Fraktur infolge der Atembeweglichkeit des Brustkorbes nach der Reposition nicht stabil bleibt. Es sind auch bei gleichbleibender geringer Dislokation keine Störungen zu erwarten. Nach *Kaulbach und Krebs* genügt eine flache Lagerung unter Vermeidung übermässiger Thoraxbewegung. Die Herz-Kreislauffunktion muss überwacht werden. *Pozzi und Vegeto* empfehlen Bettruhe in Rückenlage, die Brustwirbelsäule in Hyperextension (Kissen unter dem Rücken) während 10 Tagen, dann einen Elastoplastverband oder eventuell ein Gipskorsett für 4—5 Wochen. Verschiedene italienische Autoren (*Barbieri und De Nicolai*; *Rigamonti*; *Pedracca und Pagani*) wenden bis zum Verschwinden der Schmerzen die wiederholte Anaesthesie der Frakaturstelle mit Novocain 1 % an, um die schmerzhafte Einschränkung der Atmung zu reduzieren, wodurch bronchialen Komplikationen vorgebeugt wird. *Barbieri und de Nicolai* schlagen auch Analgetika vor.

*b. Sternumfrakturen mit starker Dislokation:* Hier ist eine unblutige Reposition indiziert. *Pozzi und Vegeto* führen sie wie folgt durch: Die Frakturstelle wird anaesthesiert; die Brustwirbelsäule wird durch ein Kissen unter dem Rücken in Hyperextension gebracht und die Reposition wird manuell durch Druck auf das Sternum und die seitlichen Teile des Brustkorbes vorgenommen. Nach der Reposition folgt die Immobilisation durch ein Gipskorsett in Hyperextension. Nach *Fowler* ist eine flache Lagerung und Hyperextension der Brustwirbelsäule über einem Kissen oder einem Tischrand meistens erfolgreich. Wenn die Sternumfraktur nach der Reposition stabil ist und keine weitere Verletzung vorliegt, ist keine Therapie mehr notwendig. Kehrt die Deformität beim Aufsitzen zurück, muss die Extension durch Flachlagerung oder Schienung aufrechterhalten werden. Die übliche Behandlung geschieht durch eine Schale oder ein Gipsmieder. *Auch Lambrecht* schlägt die Hyperextension der Brustwirbelsäule vor. Nach seiner Erfahrung sind in der Regel keine Störungen zu erwarten, auch wenn die Verschiebung bestehen bleibt.

*Richter* empfiehlt bei isolierten Querfrakturen einfache Pflasterverbände, um die gegensätzliche Bewegung der Bruchstücke bei der Atmung zu verhindern. Um den Bruch in reponierter Stellung zu halten, wird der Verband über der Frakturstelle durch eine Pelotte verstärkt. Weitere Vorschläge: Schaumgummizingulum, elastische Binden, elastische Gürtel mit Gummizügen. Derartige Verbände fixieren die Fraktur nur unzureichend und bewirken anderseits eine Einengung der Lungenbeatmung auf beiden Seiten.

Ein Pflasterverband soll nach *Richter* eine Ruptur der Synchondrosis sternalis ausreichend ruhigstellen.
Besteht neben der Sternumfraktur gleichzeitig eine Wirbelfraktur (indirektes Trauma), gelingt die Reposition der Sternumfraktur nach *Böhler* meistens gleichzeitig mit jener der Wirbelfraktur im dorsalen Durchhang und die Fixation der Wirbelfraktur befestigt auch die Sternumfraktur.
Durch die übliche Manipulation lässt sich eine posteriore Luxation des Manubriums (indirektes Trauma) manchmal nicht reponieren und eine operative Behandlung ist notwendig (*Fowler*).
Bei Kindern soll man sich immer auf eine konservative Therapie beschränken. Die Bettruhe führt zu einer spontanen Korrektur der Deformität (*Köteles, Wein und Szirmay*). Auch grössere Dislokationen verursachen keine Störungen (*Böhler*).
Da die Dislokation in der Mehrzahl unserer Fälle gering war, wurde eine konservative Behandlung ohne Reposition durchgeführt, die in Bettruhe, teilweise Flachlagerung und Verabreichung von Antibiotika bestand. Bei einem Fall wurde die Frakturstelle mit Novocain anaesthesiert. Auch bei den 5 Frakturen mit stärkerer Dislokation wurde mit einer Ausnahme (Extension) keine Reposition vorgenommen. Diese Fälle wiesen bei der Nachkontrolle keine Beschwerden auf und die Frakturen waren geheilt. Bei den indirekten Sternumfrakturen mit einer Wirbelfraktur als Begleitverletzung wurde durch die Fixation der Wirbelfraktur (Gipskorsett, Gipsbett) auch die Sternumfraktur festgehalten.

### 2. Die operative Behandlung

Die operative Behandlung einer Sternumfraktur ist indiziert bei:

a. schlechtem Resultat bei konservativer Therapie (ungenügende Reposition bei starker Dislokation)

b. Druck auf intrathorakale Organe

c. Unerträglichen Beschwerden (paradoxe Atmung)

d. Offener Fraktur (selten).

Folgende operative Behandlungsmöglichkeiten bestehen:

1. Offene intramedulläre Fixation durch Kirschner-Drähte, Rushpins, Küntschner-Nagel oder Metallstifte

2. Perkutane Nagelung mit einfachen Stahlnägeln

3. Knochennaht mit Draht, Seide oder Catgut

4. Extension mit Nabelschnurbändchen, Draht oder Schrauben.

*1. Offene intramedulläre Fixation:* Die intramedulläre Fixation mit Kirschner-Drähten wurde 1942 von *McKim* zum erstenmal durchgeführt und von *Fowler* mit Erfolg übernommen. Diese ideale Methode ist sehr einfach und erreicht eine adaequate Fixation. Unter Lokalanaesthesie und röntgenologischer Kontrolle wird der Draht eingeführt. Die Schmerzhaftigkeit lässt bald nach und die Atmung wird freier. Wenn keine bedeutenderen Begleitverletzungen bestehen, kann der Patient das Bett verlassen. Nach etwa 6 Wochen hat sich die Fraktur so gefestigt, dass der Draht entfernt werden kann.

*Lowry* in Amerika (1957) und *Maurath und Franke* in Deutschland (1961) erzielten durch Marknagelung mit Rush-pins ausgezeichnete Resultate. Die Nagelung lässt sich nach Reposition der Fraktur leicht durchführen. Dadurch erfolgt eine feste innere Schienung der Fraktur und die abnormale Atembeweglichkeit wird sofort aufgehoben. Dieses Verfahren erlaubt ebenfalls eine frühe Mobilisation und vermeidet eine grössere sekundäre Operation. *Lowry* hält diese Methode für die ideale. *Richter* empfiehlt den Küntschner-Nagel. *Maurath und Franke* berichten über einen 54jährigen Mann, bei dem durch eine Sternumstückfraktur infolge eines frontalen Zusammenstosses mit einem andern Auto durch paradoxe Atembewegungen der Fragmente eine hochgradige Hypoxaemie des arteriellen Blutes mit Kohlensäureretention auftrat. Das Fragment wurde durch einen Rush-pin in seiner normalen Lage fixiert, wodurch die Störungen der Atmung sofort beseitigt wurden und es zu einem ausgezeichneten funktionellen Ergebnis kam.

Bei der von *Serikov* angewandten Fixation durch Metallstifte ist die operative Freilegung der Fraktur notwendig. Dadurch ergeben sich die zusätzlichen Gefahren der offenen Frakturbehandlung und zudem die Schwierigkeit einer späteren Entfernung der Metallstifte. In Lokalanaesthesie wird die Frakturstelle durch einen Längsschnitt eröffnet, die Fragmente reponiert und 5 cm unterhalb der Frakturstelle ein weiterer kleiner Schnitt angebracht, von wo der Metallstift mit einem Hammer eingetrieben wird. Eine weitere Gefahr besteht in der Verletzung des vorderen Mediastinums.

*2. Perkutane Nagelung mit einfachen Stahlnägeln:* Die Ruhigstellung ist nicht gesichert, da der schräg eingeführte Nagel nur ein Bruchstück ausreichend erfassen kann. Zudem besteht die Gefahr der Infektion.

*3. Knochennaht: Lasi und Winslow* nahmen eine einfache Drahtnaht der Sternumfraktur vor. Sie ergab aber nur eine unzureichende Fixation (*Richter*). *Gibson, Carter und Hinshaw* empfehlen die Verdrahtung für kleine lose Fragmente (Fig. 15). *Urbanska* berichtet über einen Fall, bei dem die Fraktur durch einen queren Schnitt freigelegt,

reponiert und mit Hilfe von Seiden- oder Catgutfäden fixiert wurde. Diese Methode ergibt auch nur eine ungenügende Ruhigstellung, eine paradoxe Atembeweglichkeit lässt sich jedoch damit beheben.

*4. Extension: Gibson, Carter und Hinshaw* schlagen die Extension mit Nabelschnurbändchen für grosse lose Fragmente vor. Diese werden in Lokalanaesthesie um die Rippenknorpel lateral der Mammaria-Gefässe gezogen. Die verschiedenen Bänder werden in einem Ring vereinigt und zu einer Zugvorrichtung geführt. Für die meisten Verunfallten reicht ein Zug von 2 1/2 kg während 1—3 Wochen (Fig. 16).

*Bellmann* empfiehlt in Lokalanaesthesie einen Draht unter dem Sternum durchzuziehen und daran mittels einer Extensionsvorrichtung einen Zug von ca. 4 kg anzulegen. Dadurch wird die paradoxe Atmung behoben.

Ein eingedrückter Brustbeinabschnitt kann nach *Hellner* auch durch Schrauben an einer Zugsvorrichtung in stabiler Lage fixiert werden.

Beim einzigen Fall unseres Krankengutes, der operativ angegangen werden musste infolge Impression des Sternums und paradoxer Atmung, wurde mit Erfolg ein Draht um das Sternum gelegt und daran mit 4 kg gezogen.

Bei schweren Thoraxtraumen (Ueberfahrenwerden), bei denen neben einer Sternumfraktur weitere thorakale Verletzungen wie ein Haematothorax bestehen, die zu einer starken Beeinträchtigung der Atmung führen, sind die Tracheotomie und die Bird-Beatmung indiziert.

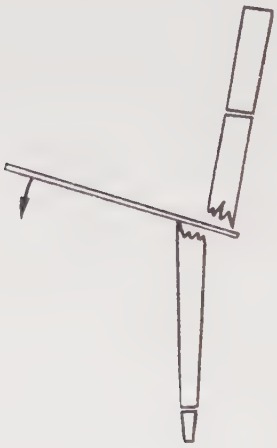

Fig. 13

Fig. 14

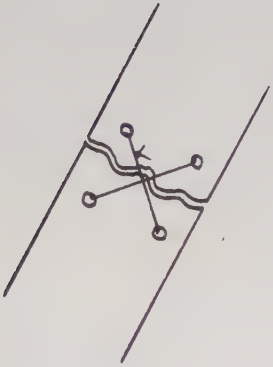

Fig. 15

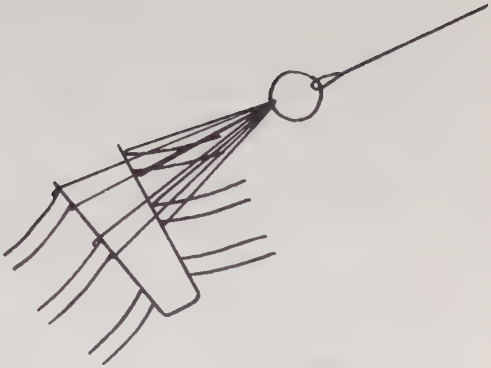

Fig. 16

## VI. Behandlungsresultate

Wenn keine Begleitverletzungen und Komplikationen bestehen, sind die Behandlungsresultate meistens gut. Die Schwere der Sternumfrakturen liegt in der häufigen Verbindung mit Kopfverletzungen, Wirbelfrakturen und Thoraxorganverletzungen. Von den 80 Fällen von *Gibson, Carter und Hinshaw* überlebten 61, 19 starben, alle ausser einem an Begleitverletzungen und Komplikationen (6 an Kopfverletzungen, 3 an mediastinaler Haemorrhagie, 3 an kardialer Verletzung, 4 an Pulmonalinsuffizienz). Die Letalität beträgt somit 24 %. Von den 20 Sternumfrakturen der chirurgischen Universitätsklinik Basel kamen 5 (Letalität 25 %) ad exitum, wovon 2 an den Folgen einer traumatischen Pneumonie. Von den 41 Fällen von *Kaulbach und Krebs* sind 33 bei der Entlassung ohne Beschwerden, 4 klagen über geringe Beschwerden bei tiefer Atmung und bei Bewegungen, 4 starben an Begleitverletzungen.

Die Heilungsdauer liegt zwischen 30 und 40 Tagen (*Pozzi und Vegeto; Pedracca und Pagani*). Bei *Gibson, Carter und Hinshaw* waren nach 6 Wochen 85 % geheilt. Bei *Pedracca und Pagani* wurde die Arbeit durchschnittlich nach 45 Tagen wieder aufgenommen, bei *Gibson, Carter und Hinshaw* erst nach 3 Monaten.

*Streli* zeigt anhand von drei Fällen, dass auch bei bleibender Dislokation der Fragmente und Entwicklung von kallösen Auftreibungen an der Stelle des Angulus sterni keine Dauerbeschwerden verbleiben ausser der sichtbaren Deformität. Auch *Lambrecht* machte dieselbe Erfahrung.

## VII. Spätfolgen

Spätfolgen bei Sternumfrakturen sind selten. In der Literatur werden folgende Erscheinungen erwähnt:

— Pseudarthrose (*Kaulbach und Krebs*; *Eberhardt*; *Schönbauer*)
— Atembeschwerden
— Druckempfindlichkeit des Sternums
— Dauerschaden des Herzens (*Kaulbach und Krebs*)
— Pleuraverwachsungen (*Pozzi und Vegeto*)
— Sterno-perikardiale Synechien (*Pozzi und Vegeto*)
— Dauernde Deformität des Sternums

Die wichtigste Spätfolge einer Sternumfraktur ist die Pseudarthrose. Die Ursache ihrer Entstehung liegt in der ungenügenden Fixation der Fraktur infolge der Atembeweglichkeit der Brustwand. Nach *Eberhardt* besteht bei tiefliegender Brustbeinfraktur eine erhebliche Tendenz zur Ausbildung einer Pseudarthrose. Die hohe Sternumfraktur ist prognostisch günstiger. Die Beschwerden äussern sich beim Durchatmen in Schmerzen im Bereich der Pseudarthrose. In der Kasuistik wird eine Fraktur der unteren Sternumhälfte, welche zu einer Pseudarthrose führte, eingehend besprochen.

Zur Behandlung der Pseudarthrose wurden folgende Methoden angewandt:

1. Die Spanversteifung (*Streli*; *Schultz*): Die Fragmente werden angefrischt, der Defekt mit einem Knochenspan ausgefüllt und mit Drahtschlingen wird der Span fixiert. Diese Methode ist nach der Meinung *Schönbauers* problematisch. Auch bei unserer Sternumpseudarthrose wurde eine Spanversteifung vorgenommen, jedoch ohne Erfolg. Die Drahtfixation riss und es bildete sich spontan eine Defektpseudarthrose.

2. *Eberhardt* empfiehlt eine Frühoperation mit Umschlingung der benachbarten Rippenansätze und Verschraubung, in Verbindung mit einem straffen Heftpflasterverband.

3. Aus der Ueberlegung, dass das Reiben der Pseudarthrosenenden die Schmerzen verursacht, führte *Schönbauer* mit Erfolg eine Operation durch, bei der er eine Resektion des peripheren Fragmentes um 1 cm vornahm, so dass aus der Kontakt- eine Defektpseudarthrose entstand.

Die Atembeschwerden äussern sich in einem Spannungsgefühl, besonders beim tiefen Atmen.
Die Druckempfindlichkeit des Sternums kann 10—30 Monate nach dem Unfall bestehen bleiben *(Streli)*. Eine Brustbeinfraktur des Bas-

ler Krankengutes zeigte ein Jahr nach dem Unfall noch Schmerzen beim tiefen Atmen und eine Druckdolenz des Sternums.

*Kaulbach und Krebs* beschreiben einen Fall von Sternum-Pseudarthrose mit einem Dauerschaden des Herzens. Die EKG-Veränderungen bildeten sich nicht zurück.
Pleuraverwachsungen können infolge eines Haematothorax auftreten und sterno-perikardiale Synechien infolge eines Mediastinalhaematoms.

## VIII. Prophylaxe

Da Sternumfrakturen infolge des Anwachsens der Verkehrsunfälle in ständigem Zunehmen begriffen sind, liegt die Bedeutung von Vorsichtsmassnahmen auf der Hand. Den besten Schutz bietet heute der Sicherheitsgurt, welcher die Zahl von Verkehrsverletzungen um 60 % herabzusetzen vermochte (Automotive Crush injury research Group of Cornell University, Autojahr 1958/59). Nur der zweckmässig angebrachte, d. h. den Oberkörper von der Schulter zur Hüfte kreuzende Gurt bei Verwendung haltbarsten Materials verleiht eine gute Sicherheit. *Richter* empfiehlt weitere prophylaktische Massnahmen:

— Feststellung und Verankerung der Vordersitze
— Fixierung von hinter dem Fahrer liegenden Gegenständen
— Konstruktion eines federnden Steuerrades
— Polsterung der Armaturenbretter
— Anbringung von federnden elastischen Griffen vor dem rechten Vordersitz.

## IX. Kasuistik

An der chirurgischen Universitätsklinik Basel wurden von 1952 bis und mit 1964 20 Sternumfrakturen, 13 direkte und 7 indirekte, beobachtet. Von den beiden haupsächlichsten Frakturarten wird in der Folge je ein charakteristisches Beispiel beschrieben. Die übrigen Fälle werden tabellarisch zusammengefasst. Zuletzt wird eine Brustbeinfraktur angeführt, bei der sich eine Pseudarthrose bildete.

### 1. Direkte Fraktur

W.-E. A. (KG Nr. 50447-59), 25jähriger Mann, stiess am 5. 11. 59 in seinem Auto frontal mit einem entgegenkommenden PKW zusammen. Dabei wurde er mit dem Brustkorb gegen das Lenkrad gepresst und schlug ausserdem mit dem Kopf gegen die Windschutzscheibe. Der

Verunfallte blieb beim Bewusstsein und verspürte sofort intensive Schmerzen im Bereich der unteren Sternumhälfte, vor allem beim tiefen Atmen. Bei der Spitaleinweisung atmete der kräftige Mann nur oberflächlich und zeigte über dem unteren Sternumabschnitt eine Schwellung, daselbst auch eine starke Druckdolenz. Eine Stufe liess sich palpieren, aber eine Krepitation war nicht festzustellen. Eine seitliche Röntgenaufnahme des Sternums ergab eine Fraktur im distalen Drittel des Corpus sterni, das untere Fragment dachziegelartig auf das obere geschoben. Ein angefertigtes EKG fiel physiologisch aus. Die Behandlung bestand lediglich in Bettruhe und Verabreichung von Analgetika. Bei der Nachkontrolle vom 28. 7. 65 war der Patient beschwerdefrei. Er spürte nur den Wetterwechsel am Ort der ehemaligen Fraktur. Das Röntgenbild zeigte eine vollständige Konsolidation der Fraktur, wobei das Brustbein auf Höhe der Frakturstelle leicht nach vorn konvex stand.

### 2. Indirekte Fraktur

E.-D. L. (KG Nr. 25901-63), 48jährige Frau, stürzte am 17. 6. 63 beim Kirschenpflücken von der Leiter. Beim Spitaleintritt klagte die Verunfallte über heftige Schmerzen im Bereich des Brustbeins und der Lendenwirbelsäule. Sie suchte jede Bewegung zu vermeiden. Ueber der Sternummitte befand sich ein angedeutetes Haematom und das Brustbein war hier stark druckempfindlich. Die Röntgenbilder zeigten eine Querfraktur der oberen Hälfte des Corpus sterni ohne Dislokation und eine Kompressionsfraktur des 1. Lendenwirbelkörpers. Das EKG wies keine pathologischen Veränderungen auf. Der Patientin wurde ein Gipskorsett angelegt und für 6 Wochen belassen. Die Mobilisation wurde 8 Tage nach dem Unfall vorgenommen. Die Nachkontrolle vom 20. 7. 65 ergab Beschwerdefreiheit von seiten des Sternums. Auf dem Röntgenbild war die Fraktur in idealer Stellung geheilt.

## 1. Direkte Frakturen

| Patient Alter KG-Nr. | Unfall-datum | Ursache | Beschreibung der Fraktur (Fr.) | Begleitverletzungen und Komplikationen | Behandlung der Sternumfraktur | Nachkontrolle im Juli 1965 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A. E. 19 J. ♂ 47563-64 | 9. 8. 64 | fuhr mit Kleinmotorrad gegen Pfosten | kaum dislozierte Fr. des unteren Drittels des Corpus | Oberschenkelfr. li. Patellafr. li. Schock | Bettruhe | kleiner Höcker palpabel |
| B.-R. J. 68 J. ♂ 47319-64 | 29. 7. 64 | kollidierte in seinem Auto mit einem PKW | Fr. in Mitte des Corpus, Dislokation des unteren Fragments nach vorne | Contusio cerebri Oberschenkelfr. li. Rippenfr. IV. li. | Bettruhe | Schmerzen beim tiefen Atmen, Druckdolenz, Fr. röntgenologisch in Dislokation geheilt |
| M.-K. E. 74 J. ♂ 45975-64 | 20. 6. 64 | Ueberfahrenwerden von Auto | Fr. der oberen Sternumhälfte (klinische Diagnose) | Rippenserienfr. Scapulafr. re. Kompressionsfr. Th 8 Haematothorax Brustwandhaematom Schock paradoxe Atmung | Bluttransf. Tracheotomie Bird-Respir. Exitus nach 6 Stunden | |
| R.-L. J. 62 J. ♂ 10550-62 | 11. 11. 62 | wollte auf fahrenden Zug springen | Sternumfraktur im proximalen Drittel | traumatische Amputation beider Füsse, Schock, paradoxe Atmung, akute ulcerative Tracheo-Bronchitis und abscedierende Pneumonie beidseits | Tracheotomie und Bird-Beatmung Exitus am 4. 12. 62 infolge Asphyxie | |

| Patient Alter KG-Nr. | Unfall-datum | Ursache | Beschreibung der Fraktur (Fr.) | Begleitverletzungen und Komplikationen | Behandlung der Sternumfraktur | Nachkontrolle im Juli 1965 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R.-G. E. 42 J. ♂ 72189-60 | 19. 12. 60 | stiess auf seinem Moped mit PKW zusammen | Querfr. des Corpus sterni | Rippenfr. I. re. Commotio cerebri Bronchitis | Flachlagerung mit Brett unter Matratze | unauffällig |
| G.-K. W. 22 J. ♂ 7096-60 | 24. 9. 60 | Mitfahrerin in einem Auto, beim Stoppen gegen Windschutzscheibe geschleudert | nicht dislozierte Fr. im unteren Teil des Corpus | Commotio cerebri | Bettruhe | unauffällig |
| H.-M. E. 73 J. ♂ 66945-60 | 17. 7. 60 | Mitfahrer in Lastwagen, bei Zusammenstoss gegen Windschutzscheibe geschleudert | nicht dislozierte Fr. unter der Mitte des Corpus | Commotio cerebri Metatarsalfr. bds. Commotio cordis (EKG: ST-Senkung und neg. T in $D_1$ und AVL) | Bettruhe | unauffällig |
| S. A. 46 J. ♂ 41888-59 | 20. 2. 59 | von Strassenbahn erfasst und unter den Wagen geworfen | Sternumfr. mit Ruptur der Synchondrose (klin. Diagnose) | Rippenserienfr., Scapulafr. re., multiple Fr. der unteren Extremit., Commotio cordis (EKG: T überall flach, teilweise negativ), Haemoperikard (EKG: Mikrovoltage), Schock, Hautemphysem über Manubrium, paradoxe Atmung | Bluttransf. Tracheotomie Hemicingulum Extension durch Draht um Sternum Exitus am 26. 2. 59 infolge Fettembolie | |

| Patient Alter KG-Nr. | Unfall-datum | Ursache | Beschreibung der Fraktur (Fr.) | Begleitverletzungen und Komplikationen | Behandlung der Sternumfraktur | Nachkontrolle im Juli 1965 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S. J. 66 J. ♂ 26858-58 | 17. 7. 58 | Faustschlag gegen Brust | Querfr. der Corpusmitte mit Impression des oberen Fragments, Abwinkelung des unteren Fragm. nach rechts | keine | Bettruhe 50 mg Dolantin | |
| M.-H. J. 64 J. ♂ | 15. 3. 52 | auf Fahrrad von Auto angefahren, schlug mit Brust auf Lenkstange | Querfr. der unteren Corpushälfte mit geringer Dislokation des unteren Fragm. nach dorsal | Rissquetschwunde über li. Auge, absolute Arrhythmie, Exazerbation der chron. Bronchitis | Lokalanaesthesie Analgetika Behandlungsdauer: 4 Wochen, bei Entlassung noch leichte Schmerzen beim Husten | |
| H.-W. J. 50 J. ♂ | 19. 6. 52 | von zusammenstürzendem Kran gegen Steinhaufen gedrückt | Querfr. der Corpusmitte mit Abknikkung des dist. Fragm. nach dorsal | Rippenfr. VI. re. Exazerbation der Raucherbronchitis | Bettruhe Analgetika | Bindegewebige Konsolidation der Fr. (Tomogramme), ausgedehnte Verkalkung des Rippenknorpels IV. re., welche Schmerzen beim tiefen Atmen u. Druckdolenz verursacht |

## 2. Indirekte Frakturen

| Patient Alter KG-Nr. | Unfall-datum | Ursache | Beschreibung der Fraktur (Fr.) | Begleitverletzungen und Komplikationen | Behandlung der Sternumfraktur | Nachkontrolle im Juli 1965 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M.-S. L. 58 J. ♀ 6084-62 | 26. 6. 62 | Sturz von Leiter auf Rücken | Fr. im oberen Drittel des Corpus mit geringer Dislok. des oberen Fragm. nach dorsal | Totale Querschnittslähmung auf Niveau C 6 bei Fr. von C 5, Kompressionsfr. Th 6, Rippenfr. V. re. Bronchopneumonie | keine | |
| L.-E. G. 51 J. ♀ 80303-61 | 5. 6. 61 | Sturz aus Fenster des 2. Stocks, Suizidversuch bei Schizophrenie | Sternumfraktur (bei Sectio beobachtet) | Kompressionsfr. L 3 Tibiakopffr. re. Calcaneustrümmerfr. bds., Radiusfr. li. Pneumonie | Exitus am 19. 6. 61 | |
| F.-M. P. 44 J. ♂ 66771-60 | 7. 7. 60 | Sturz von der Treppe | Fr. des Corpus mit Dislokation des oberen Fragments nach dorsal | Kompressionsfr. Th. 7 Deckplatteneinbruch Th 12 Rippenfr. II. li. | nach Magnus während 3 Wochen | |
| B. R. 18 J. ♂ 61169-60 | 31. 3. 60 | Sturz von 15 m hohem Fels | Infraktion der ventralen Kortikalis des Manubriums, nicht dislozierte Fr. des Corpus unterhalb der Synchondrose | Kompressionsfr. Th 4 u. 5, multiple Deckplatteneinbrüche der Brustwirbelsäule Commotio cerebri Schock | Gipsbett während 6 Wochen | unauffällig |

| Patient Alter KG-Nr. | Unfall-datum | Ursache | Beschreibung der Fraktur (Fr.) | Begleitverletzungen und Komplikationen | Behandlung der Sternumfraktur | Nachkontrolle im Juli 1965 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| F.-H. F. 33 J. ♂ 47311-59 | 5. 8. 59 | Sturz von Baugerüst | Sternumfraktur (klinische Diagnose) | Multiple Beckenfr., Scapulafr. li., Humerusfr. li., Blasenruptur, Abriss des Mesosigmoids | Exitus am 5. 8. 59 | |
| W. E. 59 J. ♂ 26334-56 | 2. 7. 56 | Sturz zwischen Landungssteg und Schiff in den Rhein | Fr. im oberen Teil des Corpus mit geringer Dislokation des oberen Fragments nach dorsal | Schädelfr. parietal re., Rissquetschwunde am Hinterkopf, Commotio cerebri, Zehenfr. | Bettruhe Antibiotika wegen Aspiration | |

## Sternumfraktur mit Pseudarthrosebildung

P.-A. R. (KG Nr. 6722-57/83005-61), 1912 geborener Mann, wurde am 25. 9. 56 zwischen einer Lastwagenbrücke und dem Führungshebel eines Anhängers eingeklemmt. Es wurden eine Sternumfraktur und Frakturen der 4. und 5. Rippe parasternal rechts festgestellt. Der Verunfallte weilte zwei Wochen in einem auswärtigen Spital. Im Februar 1957 nahm er seine Arbeit als Wegmeister wieder auf. Dabei verspürte er Schmerzen auf der rechten Brustseite wie auch in der Mitte und musste oft ausruhen. Später bemerkte er beim Husten eine Vorwölbung der Brustwand rechts neben dem Brustbein.

Beim Eintritt am 11. 7. 57 war das Sternum auf Höhe des 4. Interkostalraumes eingesunken. Das proximale Fragment stand 1/2 cm tiefer als das distale. Die rechte Thoraxseite wies parasternal unten eine deutliche Eindellung auf. Beim Husten wölbte sich zwischen der 4. und 5. Rippe unmittelbar parasternal rechts eine orangengrosse Stelle vor, welche anscheinend durch die Diastase der 4. und 5. Rippe bedingt war. Im übrigen war die Atmung symmetrisch und die Lungen klinisch unauffällig.

Auf der Thoraxaufnahme liessen die 4. und 5. Rippe rechts vom Sternum eine alte Fraktur mit knöcherner Konsolidation erkennen. Während die 4. Rippe in guter Stellung geheilt war, zeigte die 5. eine Verschiebung der Knochenfragmente um volle Schaftbreite und Verkürzung von ca. 2 cm. Vom lateralen Fragment zog eine schmale Kallusbrücke zur 6. Rippe. Auf der seitlichen Sternumaufnahme liess sich auf Höhe der 5. frakturierten Rippe ein Status nach Fraktur feststellen. Das distale Fragment war dachziegelartig über das proximale geschoben; die Verkürzung betrug 1,5 cm.

Diagnose:

— Pseudarthrose des Sternums bei Status nach Impression der rechten Thoraxseite

— Brustwandhernie bei Status nach Fraktur der 4. und 5. Rippe parasternal rechts.

Am 16. 7. 57 wurde in Allgemeinnarkose die Lücke zwischen der 4. und 5. Rippe durch Hochnaht des Zwerchfells an den unteren Rand der 4. Rippe verschlossen. Daneben wurden die Ränder der Sternum-Pseudarthrose angefrischt. Zwischenhinein wurde ein Knochenspan gelegt, welcher auch noch im Zwischenraum vier Fünftel nach rechts hinüberreichte. Dann wurde das Sternum mit zwei Cerclagedrähten in seiner richtigen Stellung fixiert.

Postoperativ traten keine Komplikationen auf und am 31. 7. 57 wurde der Patient beschwerdefrei entlassen. Im Bereiche des Sternums bestand keine falsche Beweglichkeit. Der Patient arbeitete bis anfangs

Februar 1961, als er von einer Unimoc-Fräse stark erschüttert wurde. Es zeigten sich Beklemmungserscheinungen beim Essen sowie Schmerzen parasternal rechts. Bei einer Nachkontrolle vom 25. 3. 61 war der Patient von seiten des Sternums beschwerdefrei. Die Stellung der Fragmente war im Vergleich zu 1957 unverändert. Die Cerclage war gerissen. Es bestand zwischen den Fragmenten eine durchgehende Dehiszenz von 2—3 mm, d. h. eine Defektpseudarthrose. Der Knochenspan befand sich in fortschreitender Resorption. Bei starker Kompression des Thorax gab der Patient einen leichten Schmerz parasternal rechts an.

## X. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Obschon durch die Zunahme der Verkehrsunfälle ein deutlicher Anstieg der Sternumfrakturen zu verzeichnen ist, stellen sie infolge der grossen Elastizität des Brustkorbes seltene Frakturen dar. Auf Grund des *Entstehungsmechanismus* werden 1. direkte und 2. indirekte Sternumfrakturen auseinandergehalten, wobei die direkten zahlenmässig überwiegen. Von den 20 Fällen, die an der chirurgischen Universitätsklinik Basel von 1952 bis 1964 beobachtet wurden, gehören 13 zu den direkten und 7 zu den indirekten Frakturen.

*1. Direkte Frakturen:* Am häufigsten tritt die Steuerradverletzung des Autolenkers und die Armaturenbrettverletzung des Mitfahrers auf, die oft von Kopftraumen begleitet ist. Es sind meistens einfache Querfrakturen ohne oder mit nur geringer Dislokation. Die Fraktur kann an jeder Stelle des Sternums entstehen, bevorzugt sind aber die oberen zwei Drittel des Corpus. Das obere Fragment bleibt meistens an Ort und Stelle, während das untere durch die direkte Gewalteinwirkung nach dorsal abgeknickt und eventuell verlagert wird. Eine scharf umschriebene Gewalt, wie ein Deichselstoss, führt zu einer isolierten Sternumfraktur; eine auf breiter Fläche an der vorderen Thoraxwand angreifende Gewalt, wie die Einklemmung zwischen zwei Wagen, kann das ganze Brustbein mit den angrenzenden Rippenknorpelabschnitten eindrücken, oder es kommt lediglich zu einer Abknickung des Sternums mit einzelnen Rippenfrakturen. Bei direkten Traumen gelten Rippenfrakturen als charakteristische Begleitverletzungen.

*2. Indirekte Frakturen:* Vier Arten werden unterschieden:

*a.* Flexions-Kompressionsfrakturen: Als häufigste indirekte Sternumfrakturen kommen sie bei Autounfällen vor, bei welchen die Insassen herausgeschleudert werden oder im Fahrzeug überrollen, ferner bei einem Sturz aus grosser Höhe. Die Fraktur befindet sich meistens im Bereich der Synchondrosis sternalis. Die Dislokation ist im allgemeinen gering. Charakteristisch ist die Kombination mit Kompressions-

frakturen der Wirbelsäule (besonders der Brustwirbelsäule) und manchmal mit Kopfverletzungen. Ueber den Entstehungsmechanismus einer Flexions-Kompressionsfraktur besteht unter den Autoren noch keine Einigkeit. Wahrscheinlich kommt sie durch eine forcierte Flexion der Wirbelsäule, vor allem der BWS, zustande, welche zu Wirbel-Kompressionsfrakturen führt. Dabei wird das Manubrium durch die obersten zwei Rippen, welche weniger elastisch und fester mit der Wirbelsäule verbunden sind, in die Tiefe gedrückt. Im Gegensatz zu den direkten Frakturen wird also das obere Fragment (meistens Manubrium) in Bezug auf das untere nach dorsal verlagert. Vermutlich sind Flexions-Kompressionsfrakturen bei Verkehrsunfällen grösser an der Zahl, als bis anhin angenommen wurde, da der Entstehungsmechanismus nicht bekannt ist.

*b.* Hyperextensionsfrakturen: Sie sind selten und entstehen durch einen Sturz nach hinten. Dadurch kommt es zu einer übertriebenen Extension der Wirbelsäule und zu einem heftigen Muskelzug am Brustbein in entgegengesetzten Richtungen, wobei das Sternum an seiner schwächsten Stelle bricht.

*c.* Sternumfraktur durch heftige Muskelkontraktionen: bei der Austreibungsperiode der Geburt und bei tetanischen Krämpfen.

*d.* Spontanfrakturen: bei Altersosteoporose und bei malignen Tumoren.

Ungefähr die Hälfte der eigenen Sternumfrakturen, vorwiegend die direkten, weisen *Komplikationen* auf. Sie bestehen in einer traumatischen Pneumonie, welche durch die Schonatmung mit folgender Sekretstauung hervorgerufen wird, ferner in einem reversiblen Schock (Reizung des vegetativen Nervensystems) und in einer Commotio bzw. Contusio cordis, die vor allem durch die EKG-Veränderungen festgestellt werden kann. Wegen der Möglichkeit einer traumatischen Herzläsion sollte bei jeder Sternumfraktur ein EKG angefertigt werden. Komplikationen können durch Begleitverletzungen stark beeinflusst werden.

Die *Diagnose* einer Sternumfraktur bereitet im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Bei einem direkten Trauma sind die lokalen Symptome meistens ausgeprägt, bei einem indirekten können sie jedoch durch die stärker hervortretenden Begleitverletzungen verdeckt sein, so dass die Brustbeinfraktur anfänglich übersehen wird. Infolge des heftigen Schmerzes in der Sternumgegend nimmt der Verunfallte eine Schonatmung und eine Schonhaltung ein. Wegen des Haematoms tritt über dem Brustbein eine Schwellung auf, und es besteht eine ausgesprochene Druckdolenz. Bei direkten Frakturen ist eventuell eine Verletzung der Haut der Regio praesternalis zu finden. Unmittelbar nach

dem Unfall lässt sich manchmal eine Stufe und vielleicht eine Krepitation palpieren. Bei einem aus den Rippenverbindungen gelösten, frei beweglichen Sternumabschnitt kann paradoxe Atmung auftreten. Zur Sicherung der Diagnose wird meistens eine seitliche Sternum-Aufnahme angefertigt und wenn nötig ein Tomogramm.

In der überwiegenden Mehrzahl der Sternumfrakturen genügt die konservative *Behandlung*, da die Dislokation im allgemeinen gering ist. Wenn keine Komplikationen auftreten, braucht auch eine Fraktur mit stärkerer Dislokation nicht reponiert zu werden, da in der Regel keine Dauerbeschwerden zu erwarten sind. Die konservative Therapie besteht in flacher Lagerung des Verunfallten, die Brustwirbelsäule eventuell in Hyperextension (Kissen unter dem Rücken), während 10 Tagen. Wenn noch stärkere Beschwerden vorhanden sind, wird für 4—5 Wochen ein Elastoplast-Verband oder eventuell ein Gipskorsett angelegt. Um die schmerzhafte Einschränkung der Atmung zu verhindern, wird die wiederholte Lokalanaesthesie empfohlen.

Bei gleichzeitiger Wirbelfraktur (indirektes Trauma) führt die Behandlung nach *Böhler* im dorsalen Durchhang ebenfalls zur Reposition der Sternumfraktur, und die Fixation der Wirbelfraktur befestigt auch die Sternumfraktur.

Eine operative Behandlung ist nur notwendig, wenn eine paradoxe Atmung oder ein Druck auf intrathorakale Organe festgestellt werden. Die beste Methode ist die offene intramedulläre Fixation mit Kirschner-Drähten (*Fowler*), mit Rush-pins (*Lowry*) oder eventuell mit einem Küntschner-Nagel (*Richter*). Mit Erfolg wird auch, besonders bei paradoxer Atmung, die Extension mit einem Draht (eigener Fall) oder Nabelschnurbändchen (*Gibson, Carter und Hinshaw*) um das Sternum angewandt.

Wenn keine Begleitverletzungen und Komplikationen auftreten, sind die *Behandlungsresultate* meistens gut. Die Schwere der Sternumfraktur liegt in der häufigen Verbindung mit Kopftraumen, Wirbelfrakturen und Thoraxorganverletzungen. Die Letalität beträgt 25 %. Die Heilung einer Brustbeinfraktur dauert 30—40 Tage. Eine Druckdolenz kann 10—30 Monate nach dem Unfall nachgewiesen werden.

Die wichtigste *Spätfolge* einer Sternumfraktur ist die Pseudarthrose, welche durch die mangelhafte Fixation der Fraktur infolge der Atembewegungen der Brustwand entstehen kann. Die Spanversteifung hat sich nicht bewährt. Besser ist die Umwandlung einer Kontakt- in eine Defektpseudarthrose, wobei ein 1 cm langes Fragment entfernt wird (*Schönbauer*).

Der richtig angebrachte Sicherheitsgurt im Auto kann vor Sternumfrakturen wie anderen Verletzungen bei Verkehrsunfällen schützen.

# Literaturverzeichnis

Alphabetisch geordnet


1. Barbieri E., De Nicolai E.: Le fratture dello sterno, Arch. ital. chir., 85, 431—441 (1959).
2. Bass H. E., Small M. J.: Spontaneous fracture of sternum in tuberculosis, J. Amer. Med. Ass., 150, 209 (1952).
3. Böhler L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung, Maudrich Wien, I, 325 (1941).
4. Cavazza F., Bartolini G.: La frattura dello sterno (Considerazioni clinico-statistico), Rass. previd. soc., 40, 25—42 (1953).
5. Eberhardt H.: Die pseudarthrosegefährdete Brustbeinfraktur, Arch. orthop. Unfallchir., 53, 476—480 (1961).
6. Fowler A. W.: Flexion-compression injury of the sternum, J. Bone Surg., 39 B, 487—497 (1957).
7. Fox. M.: «Contre-coup»-Fracture of the sternum, Brit. Med. J., I part, 935 (1960).
8. Gibson L. D., Carter R., Hinshaw D. B.: Surgical significance of sternal fracture, Surg. Gyn. Obstetr., 114, 443—448 (1962).
9. Gögler E.: Unfallopfer im Strassenverkehr, Documenta Geigy, Series chirurgica Nr. 5, 51 (1962).
10. Hafer K.: Thoraxkontusion und Infraktion des Brustbeins mit tödlich verlaufender Blutung aus Oesophagusgefässen bei Leberzirrhose, Med. Welt, 486—488 (1962).
11. Hartzell J. B.: Fracture of the sternum, Ann. Surg., 102, 158 (1935).
12. Hellner H., Nissen R., Vosschulte K.: Lehrbuch der Chirurgie, Thieme Stuttgart, 428 (1964).
13. Kaulbach W., Krebs H.: Sternumfraktur und Herztrauma, Mschr. Unfallhk., 63, 321—327 (1960).
14. Kazuk M.: The fixation of depressed sternal fractures, Ohio Med. J., 48, 419—442 (1952).
15. Mc Kim L. H.: A method of fixation for fractures of the sternum, Ann. Surg., 118, 158 (1942).
16. Köteles G., Wein G., Szirmay Z.: Brustbeinfrakturen im Kindesalter, Chirurg, 33, 373—374 (1962).
17. Lambrecht R.: Eine seltene Brustbeinanomalie mit Verrenkung, Zbl. Chir., 35, 1495—1498 (1953).
18. Lasi C.: Le fratture dello sterno, Minerva ortop. 10, 887—890 (1959).
19. Lowry J. T.: Internal fixation of a depressed sternal fracture by an intramedullary pin, J. Internat. Coll. Surgeons, 28, 663 (1957).
20. Martino R.: Le complicanze viscerali nei traumi chiusi del torace: Rapporto tra fatture sternali e lesioni cardiache, Arch. ortop., 63, 241—258 (1950).
21. Martinotti L., Boselli PL.: Sulle fratture dello sterno, Ann. ital. chir., 37, 890—905 (1960).

22. Maurath J., Franke D.: Zur operativen Behandlung der Sternumstückfraktur, Mschr. Unfallhk., 64, 30—32 (1961).

23. Pedracca A., Pagani A.: Fratture dello sterno, Minerva ortop., 14, 341—346 (1963).

24. Pozzi L., Vegeto A.: Le fratture dello sterno, Minerva ortop., 13, 512—519 (1962).

25. Quinlan: Posttetanic kyphosis, J. Bone Surg., 36, 80 (1954).

26. Richter W.: Genese, Symptomatik und Therapie von Sternumverletzungen, Mschr. Unfallhk., 65, 402—412 (1962).

27. Rigamonti L.: Considerazioni sulle fratture dello sterno, Arch. sc. med., 106, 569—579 (1958).

28. Rigamonti L., Petroboni C., Rigamonti P. P.: La frattura isolata dello sterno nella pratica automobilistica, Arch. sc. med., 110, 690—698 (1960).

29. Robertson D. H. H.: Kyphosis and fracture of the manubrium in tetanus, J. Bone Surg., 37, 466—467 (1955).

30. Rutledge D.: Spontaneous fracture of the sternum simulating myocardial infarction, Postgrad. Med., 32, 502 (1962).

31. Salvi V.: La frattura dello sterno, Arch. ortop., 73, 68—81 (1959).

32. De Sapia F. S., Novellino L.: Sulla patogenesi delle fratture dello sterno, Giorn. ital. chir., 11, 557—563 (1955).

33. Schönbauer H. R.: Pseudarthrose nach Brustbeinfraktur, Zbl. Chir., 82, 1163—1164 (1957).

34. Serikov B. V.: A metal shaft fixation of sternum dislocation fracture, Vstn. Chir., 78, 88—89 (1957), Z. org. ges. Chir., 148, 28 (1957), Ref. J. Sörra, New York.

35. Skoblin A. P., Kostrikov V. S.: Mechanogenese und Therapie geschlossener Frakturen des Sternums, Orthop., Travmat. i Potezir. 17, 40—43 (1956), Z. org. ges. Chir., 146, 260 (1957), Ref. Fölsch, Freiburg i. Br.

36. Sobotta-Becher: Atlas der deskriptiven Anatomie des Menschen, 1. Teil, 32, Urban und Schwarzenberg, München (1957).

37. Streli R.: Ruptura synchondrosis sternalis, Chir. Praxis, 91—100 (1960).

38. Urbanska G.: Fall einer operativ behandelten Sternumfraktur, Chir. narz. ruchu, 25, 361 (1960), Zbl. Chir., 89, 920 (1964). Ref. H. G. Koch, Dresden.

39. Zuili H., Hélie J.: Un type rare de fracture du sternum, J. radiol, électrol., 36, 46 (1955).

## Curriculum Vitae

Am 12. Dezember 1938 wurde ich in Niedergösgen (Solothurn) geboren, wo ich auch in die Primarschule ging. Während zwei Jahren besuchte ich die Bezirksschule in Schönenwerd und anschliessend während fünf Jahren das Gymnasium in Stans, welches ich mit der Maturitätsprüfung Typus B abschloss.

Das vorklinische Medizinstudium absolvierte ich an der Universität Freiburg im Uechtland, das klinische an der Universität Basel mit Ausnahme von zwei Auslandsemestern, von denen ich das eine an der Universität Wien, das andere an der Universität Montpellier belegte. Im Frühjahr 1965 bestand ich an der Universität Basel das Eidgenössische Staatsexamen.